

## PENGARUH FEED RATE TERHADAP KEKUATAN MEKANIK PENGELASAN FRICTION STIR WELDING PADA HIGH DENSITY POLYETHLENE (HDPE)

Rinto<sup>1</sup>, Aris Widyo Nugroho<sup>2</sup>, Muhammad Budi Nur Rahman<sup>3</sup>

Program Sudi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta  
Jl. Brawijaya, Tamantirto, Bantul Yogyakarta 55183

[Rinto.2014@ft.umy.ac.id](mailto:Rinto.2014@ft.umy.ac.id)

---

### Abstrac

Friction Stir Welding is a connection by utilizing heat that occurs due to friction of the pin tool to the workpiece, this type of connection was first discovered by Wayne Thomas at The Welding Institute (TWI) in 1991. Friction Stir Welding has several parameters that can affect the results of welding such as, parameters of rotational speed, feed rate, depth of plunge, temperature, and variations in the form of pin tool. The purpose of this study was to determine the strength of the feed rate parameters during the welding process with High Density Polyethelene (HDPE) material by testing tensile, bending, and macro structures in FSW welding.

For this study using the parameters of the influence of the feed rate on the mechanical strength of welding friction stir welding in high density polyethylene (HDPE), variations in feed rate used in this study are feed rates of 10mm/min, 14mm/min, and 20mm/min with rotational speeds of 900 rpm, tests conducted in this study are tensile testing with ASTM D 638 standard, bending testing with ASTM D 790 standard, and macro structure testing.

From the results obtained in this study indicate that the tensile test results that have the highest value are in the feed rate parameter of 14mm/min with a value of 16.2 MPa while the lowest results are at a feed rate of 10mm/min with 13.6 MPa, and for bending testing produces the highest value found in the feed rate parameter of 14mm/minute with a value of 16.2 MPa while the lowest value results found at a feed rate of 10mm/minute with a value of 15.8 MPa. For testing the macro structure there are many defects that occur at 10mm/minute variations in feed rates.

**Keyword:** Friction Stir Welding, HDPE, Feed Rate, Tensile Strength, Bending Strength, Marko Structure.

### 1. PENDAHULUAN

Material plastik seperti HDPE merupakan salah satu jenis bahan polimer yang memiliki konduktifitas termal yang rendah, titik leleh rendah serta tahan terhadap benturan, suhu rendah, serta tahan terhadap suhu air yang beku sekalipun dan juga bisa tahan terhadap temperatur yang tinggi. Kegunaan material HDPE banyak digunakan di dalam kehidupan sehari-hari seperti, galon, kantong plastik, tupperwere, dan lain-lain material HDPE ini hanya dianjurkan untuk satu kali pakai karena jika lebih dari satu kali pakai akan terjadi peningkatan senyawa di dalam HDPE yang akan membahayakan lingkungan disekitarnya. Menurut Saikh dkk, (2012) untuk material polimer pada saat ini dapat dengan cepat menggantikan bahan logam dalam beberapa aplikasi untuk penyambungan, dan penyambungan dengan bahan polimer terus meningkat dalam berbagai aplikasi salah satunya pada aplikasi penyambungan pengelasan friction stir welding (FSW) yang telah menunjukkan potensi besar dalam penyambungan dengan bahan material polimer termoplastic terutama pada material polimer HDPE yang memiliki sifat keras dan tahan terhadap suhu tinggi sehingga kebutuhan daya mesin rendah dan lebih efisien. Ebtisam.F, (2015) HDPE

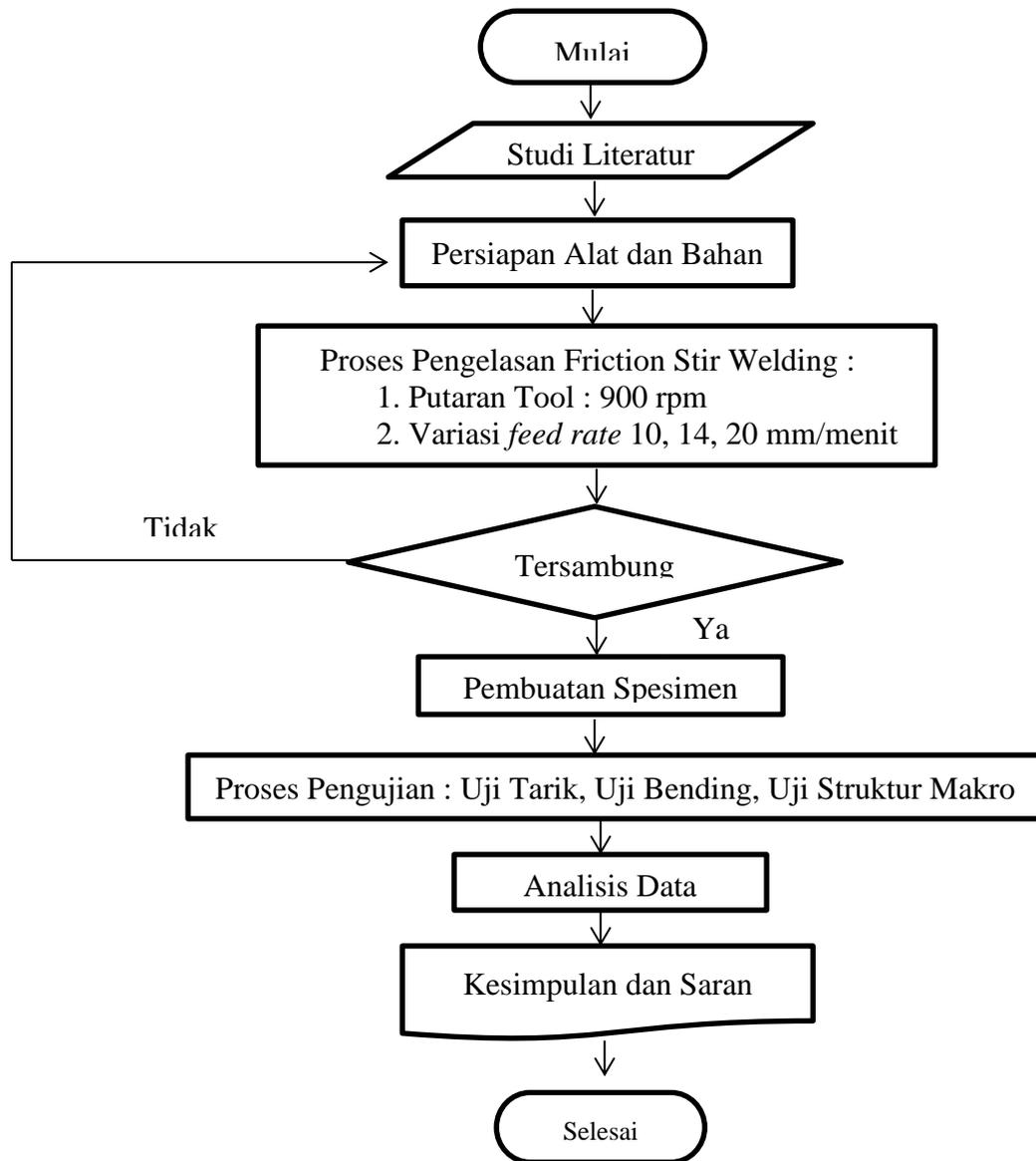
memiliki suatu ketahanan yang baik terhadap segala cairan asam dan basa, sifat pada HDPE yaitu mempunyai isolasi yang sangat baik dan mudah untuk di daur ulang atau di jadikan bahan atau material utama seperti pada pengelasan.

Pengelasan *Friction Stir Welding* (FSW) adalah suatu proses jenis pengelasan baru yang ditemukan TWI (*The Welding Institute*) pada tahun 1991. Menurut Wijayanto, (2010). pada pengelasan FSW penyambungan material dilakukan dengan cara panas yang dihasilkan berasal dari gesekan pin tool dengan material benda kerja sehingga dapat menyambungkan dua buah material pada benda kerja. Metode ini akan menghasilkan TMAZ (*Thermomechanically Affected Zone*) yang lebih kecil bila dibandingkan dengan pengelasan pada busur nyala. Mishra dan Ma, (2005), teknik pengelasan friction stir welding merupakan teknik pengelasan yang sangat sederhana karena hanya dengan bergesekan antara suatu material tersebut akan menimbulkan energi panas untuk penyambungan pengelasan FSW. Menurut Setiawan, (2011) pada pengelasan FSW terdapat dua buah parameter pada kecepatan alat yang harus diperhatikan dalam proses pengelasan FSW, yang pertama kecepatan alat yang berputar didalam pengelasan FSW dan yang kedua kecepatan alat melintas di permukaan material yang akan di las. Dalam proses pengelasan FSW ada beberapa parameter yang dapat mempengaruhi hasil dari pengelasan seperti, welding tool, kecepatan putar, kecepatan pada proses pengelasan, dan depth plunge.

Sahu, dkk (2016), melakukan penelitian tentang pengaruh kecepatan rotasi pada pengelasan *friction stir welding* HDPE, dengan ukurannya sebesar  $100 \times 100 \times 60$ mm material HDPE disesuaikan dengan standar ASTM D638 untuk penelitian ini telah dihasilkan kekuatan tarik terhadap HDPE dengan kecepatan rotasi sebesar 500rpm, 750rpm, sampai 1000rpm dengan kecepatan lintasan pada HDPE 5mm/menit. Untuk rotasi 500rpm sebesar 12.62 MPa, 750 rpm 21.02 MPa, dan 1000 rpm 8.11 Mpa. Dari hasil ini dapat disimpulkan nilai kekuatan tarik yang tertinggi terdapat pada 750 rpm sebesar 21.02 MPa, dan yang terendah pada rotasi 1000 rpm sebesar 8.11 Mpa disebabkan ketika sudah melewati batas maksimal maka kekuatannya pun menjadi menurun. Balici dkk (2017), telah melakukan penelitian tentang pengelasan friction stir welding (FSW) dengan menggunakan bahan HDPE. Penelitian ini menggunakan parameter dengan kecepatan putaran 900, 1200, hingga 1500 rpm dan untuk kecepatan melintas pin tool terhadap benda kerja sebesar 45, 60 mm/menit dengan standart yang dipakai pada penelitian ini menggunakan standart ASTM D 412. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa kekuatan tarik yang tertinggi terjadi pada kecepatan putaran 900rpm dan kecepatan pemakanan 45mm/ menit dengan nilai kekuatan sebesar 12.8 MPa, kemudian setelah itu ditambahkan dengan parameter sampai 1500 rpm dan pemakanan 60mm/menit mengakibatkan kekuatan dari material HDPE menurun sebesar 8.6 MPa. Dapat disimpulkan bahwa untuk kekuatan tarik yang tertinggi terdapat pada kecepatan putar spindle 900rpm dengan pemakanan 45mm/menit.

## 2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini terdapat beberapa langkah-langkah proses pada pengelasan *friction stir welding*, langkah-langkah tersebut dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini :



**Gambar 1** Diagram Alir Penelitian *Friction Stir Welding*

Pada proses penelitian ini pengelasan *friction stir welding* dengan material polimer HDPE menggunakan mesin milling vertikal yang ada di Laboratorium Fabrikasi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dengan kecepatan putar spindle sebesar 900 rpm dengan pemakanan benda kerja *feed rate* bervariasi 10mm/menit, 14mm/menit, dan 20mm/menit. Untuk variasi *feed rate* terjadi berpengaruh pada waktu proses pengelasan berlangsung ketika waktu pengelasan terlalu cepat maka pemanasan yang terjadi tidak terlalu merata dan mengakibatkan

kekuatan hasil lasan tidak terlalu baik, tetapi jika waktu pengelasan terlalu lama maka akan terjadi pemanasan yang terlalu berlebihan antara gesekan pin tool dengan benda kerja yang mengakibatkan nilai kekuatannya tidak terlalu baik karena pada benda kerja sudah melewati kekuatan maksimum terhadap kekuatan panas yang terjadi dan benda kerja bisa meleleh karena waktu pengelasan terlalu lam, jadi pada penelitian ini harus mencari waktu yang tepat agar kekuatan pada hasil lasan mendapatkan nilai yang terbaik.

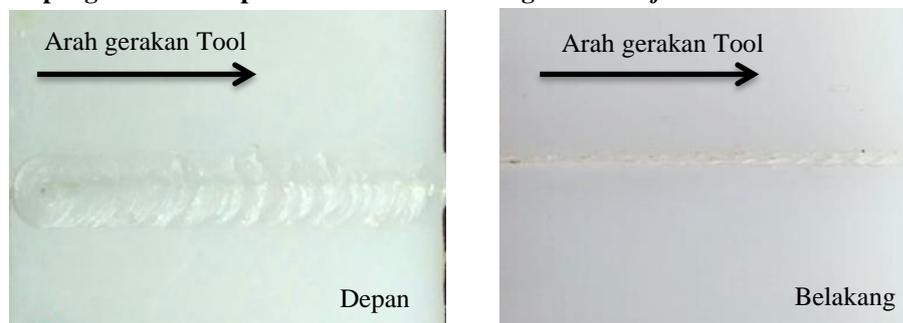


**Gambar 2.** Proses Pengelasan

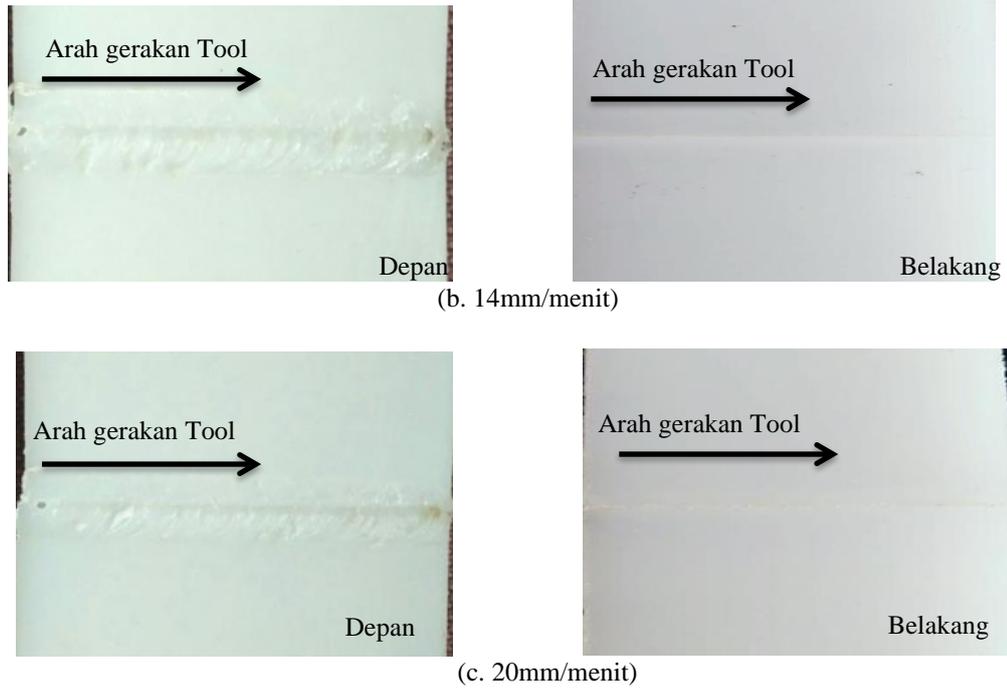
Tujuan pada penelitian ini untuk mencari nilai kekuatan mekanik pengelasan friction stir welding pada high density polythlene (HDPE) dengan melakukan beberapa pengujian diantaranya, pengujian tarik dengan standar ASTM D 638, pengujian lentur bending dengan standar ASTM D 790, serta struktur uji makro dengan mencari hasil pada pengujian tersebut menggunakan variasi feed rate 10mm/menit, 14mm/menit, dan 20mm/menit dengan kecepatan putar 900rpm.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### I. Hasil pengelasan FSW pada meterai HDPE dengan variasi *feed rate*



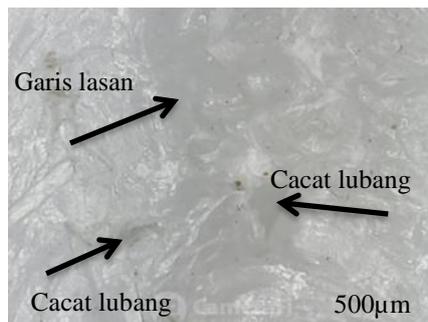
(a.10mm/menit)



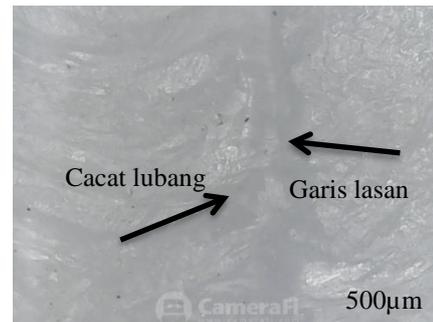
**Gambar 3** Hasil pengelasan FSW variasi *feed rate*

Pada hasil pengelasan FSW seperti yang terlihat pada gambar 3 menunjukkan bahwa hasil Pada feed rate 10mm/menit hasil lasan terdapat pengelupasan serta bergelombang dan lebih kasar dari pada variasi sebelumnya, ini disebabkan pemanasan terlalu lama sehingga material menjadi kasar. Untuk feed rate 14mm/menit terlihat hasil lasan sedikit mengelupas pada material, karena waktu pemanasan lebih lama dari 10mm/menit yang mengakibatkan terlalu panas terhadap benda kerjanya. pada variasi feed rate 20mm/menit terlihat cukup baik dan juga halus pada permukaan hasil lasannya, karena pada saat waktu pengelasan terlalu cepat sehingga terlihat tidak ada yamh megelupas pada benda kerjanya.

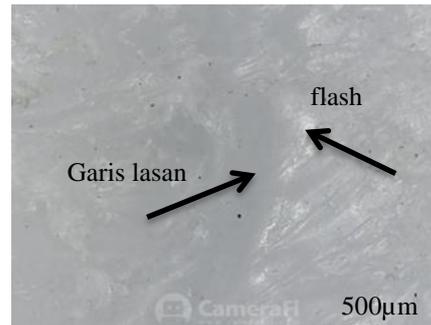
**II. Hasil Uji Makro**



(a. 10mm/menit)



(b. 14mm/menit)



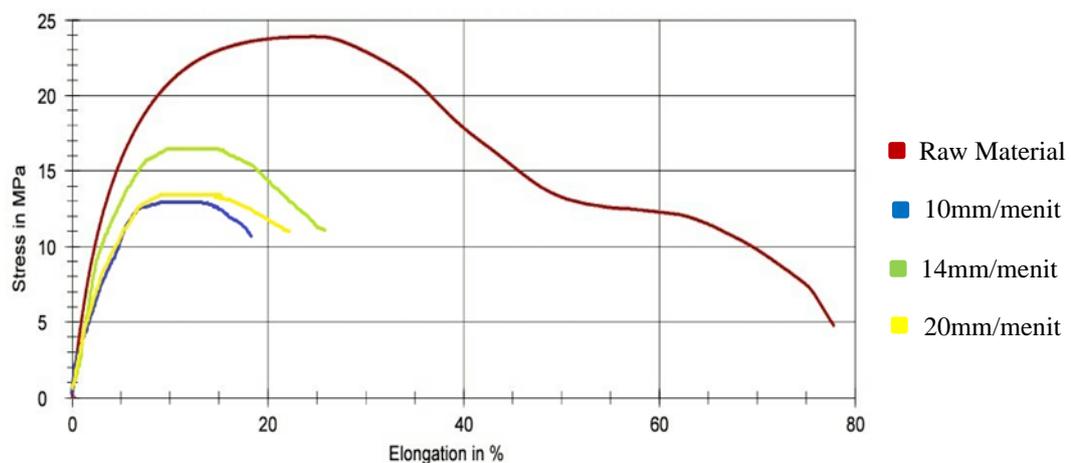
(c.20mm/menit)

**Gambar 4** Hasil uji struktur makro

Pada hasil uji struktur makro yang terdapat pada gambar 4 menunjukkan bahwa semakin lama waktu pada pengelasan maka akan berpengaruh saat dilakukan foto pembesaran dengan uji makro, seperti pada hasil uji makro yang terdapat di atas terlihat dari variasi feed rate 10mm/menit, 14mm/menit, dan 20mm/menit adanya cacat pada hasil lasan diantaranya cacat lubang dan cacat pada garis lasan semakin bertambah feed rate pada proses pengelasan maka semakin terlihat adanya cacat pada benda kerja yang disebabkan karena bertambahnya pemanasan yang terjadi antara gesekan pin tool dengan benda kerja. Pengelasan *friction stir welding* terhadap bahan polimer menunjukkan untuk uji struktur makro terdapat adanya cacat pada rongga (*Void*), itu terjadi karena kurangnya pemanasan pin tool terhadap benda kerja yang mengakibatkan hasil lasan tidak cukup untuk melelehkan material dengan baik sehingga material yang meleleh tidak bisa menutup rongga yang terjadi pada sambungan material yang akan di uji. Nugroho dkk, (2015). Untuk penelitian cacat yang terjadi pada pemanasan yang terlalu lama pada saat pengelasan berlangsung akibatnya hasil lasan terdapat banyak cacat karena material tidak terlalu kuat terhadap panas yang berlebihan sehingga material menjadi meleleh akibat panas yang terjadi pada pin tool dengan benda kerjanya.

### III. Hasil Pengujian Tarik

Pada penelitian ini pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui nilai kekuatan pengelasan FSW dengan material HDPE dalam bentuk grafik tegangan dan regangan yang terjadi pada saat pengujian ketika menahan beban ketika proses pengujian berlangsung. Pengujian tarik ini menggunakan standart ASTM D 638 (*American Standard Testung and Material*) dengan menggunakan alat pengujian Z020 TN Proline Material Testimh Machine.



**Gambar 5** Kurva nilai kekuatan tarik pada setiap variasi *feed rate*

Adapun penjelasan dari kurva nilai kekuatan tarik pada setiap variasi sebagai berikut.

- Untuk Raw material ditunjukkan pada warna merah dengan nilai kekuatan tarik pada saat pengujian sebesar 23.9 MPa, kemudian setelah mencapai nilai tersebut kekuatan pada raw material menurun setelah melewati kekuatan maksimum pada saat pengujian berlangsung.
- Untuk variasi feed rate 10mm/menit yang ditunjukkan dengan warna biru menghasilkan kekuatan tarik sebesar 13.6 MPa atau 57% dan untuk hasil ini menjadi hasil yang tidak terlalu baik karena terlalu lama waktu pada saat pengelasan akan berpengaruh pada kekuatan pada benda kerja saat dilakukan penyambungan.
- Pada variasi feed rate 14mm/menit ditunjukkan pada warna hijau dengan nilai kekuatan tarik sebesar 16.2 MPa atau 68% nilai ini menjadikan nilai yang tertinggi pada setiap variasi karena pemanasan yang terjadi pada saat pengelasan merata dan sangat baik pada proses pengelasan berlangsung.
- Pada variasi *feed rate* 20mm/menit terdapat pada warna kuning yang menunjukkan bahwa pada variasi tersebut kekuatan tarik yang terjadi sebesar 13.8 MPa atau 58% dari kekuatan raw material hasil ini terjadi karena pada saat proses pengelasan panas yang terjadi tidak terlalu merata sehingga berpengaruh pada nilai kekuatannya.

#### 1. Raw Material



**Gambar 6** Raw material uji tarik

Dilihat pada gambar 6 raw material pada pengujian tarik setelah dilakukan pengujian terlihat memanjang dan menghasilkan nilai kekuatan tegangan (*Strees*) dan regangan (*Strain*) menjadikan hasil tersebut sebagai acuan dari hasil pada semua variasi.

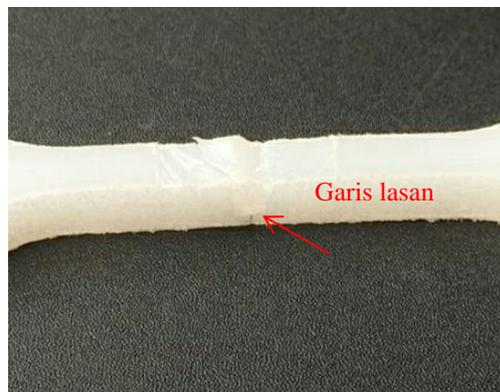
2. 10mm/menit



**Gambar 7** Hasil lasan variasi feed rate 10mm/menit

Untuk variasi *feed rate* 10mm/menit terjadi patahan terhadap material yang telah diujikan, itu terjadi karena pada saat pemanasan terlalu lama sehingga menyebabkan terdapat cacat yang terjadi pada benda kerja dan melebihi kekuatan panas yang bisa diterima oleh material ketika pin tool bergesekan dengan benda dan kekuatan tariknya menjadi rendah dengan kekuatan tarik sebesar 13.6 atau 57% dari rawa material karena pada pemanasan tidak terlalu merata saat penyambungan berlangsung.

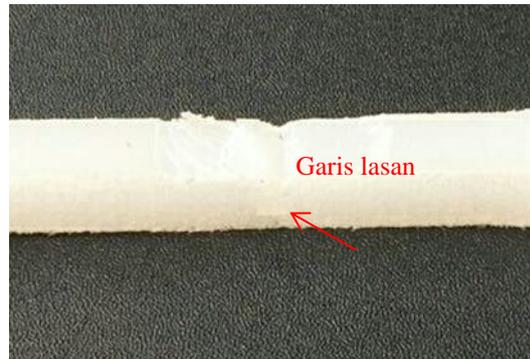
3. 14mm/menit



**Gambar 8** Hasil lasan variasi feed rate 10mm/menit

Pada variasi *feed rate* 14mm/menit terlihat hasil lasan tidak terlalu halus dan terdapat pengelupasan material pada saat penyambungan dilakukan, ini karena waktu pada saat pengelasan lebih lama dari pada variasi 10mm/menit yang mengakibatkan terjadi pengelupasan pada benda kerja. Untuk kekuatan tarik pada variasi ini menunjukkan kekuatan yang tertinggi dari semua variasi dengan kekuatan sebesar 16.2 MPa atau 68% dari kekuatan raw material.

4. 20mm/menit



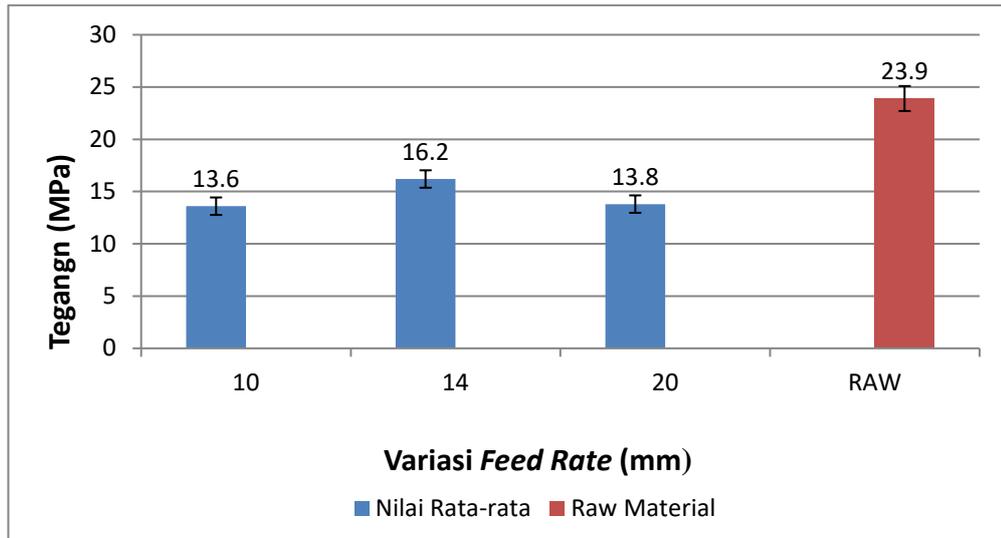
**Gambar 9** Hasil lasan variasi feed rate 20mm/menit

Pada variasi *feed rate* 20mm/menit terlihat hasil lasan tidak terlihat banyak cacat yang terjadi, ini disebabkan karena pemanasan yang terdapat pada variasi 20m/menit terlalu cepat antara gesekan pin tool terhadap benda kerja saat dilakukan penyambungan tetapi akibat pemanasan yang kurang saat pengelasan menjadi tidak merata mengakibatkan kekuatannya tidak terlalu baik dengan nilai kekuatan tarik sebesar 13.8 MPa atau 58% dari kekuatan raw material pada pengujian tarik ini.

**Tabel 1** Hasil nilai kekuatan tegangan (*Stress*) pengujian tarik pengelasan FSW pada material HDPE

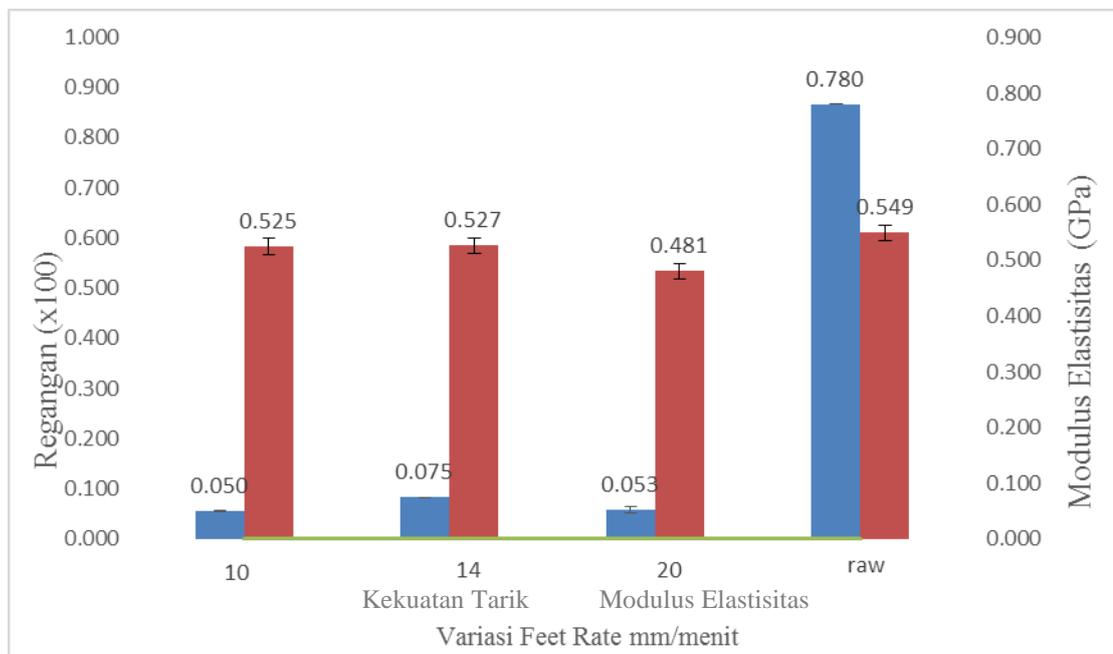
Feed Rate mm/menit	Percobaan		Kekuatan tarik rata-rata (MPa)	Regangan (MPa)	Modulus Elastisitas
	Ke 1	Ke 2			
10	13.5	13.8	13.6 ± 0.07	0.050	0.525
14	15.8	16.5	16.2 ± 0.92	0.075	0.527
20	13.2	14.4	13.8 ± 0.14	0.053	0.481
Raw	23.9	23.9	23.9 ± 0	0.250	0.549

Dari hasil tegangan uji tarik pada tabel 1 menunjukkan bahwa nilai tegangan (*Stress*) yang tertinggi terdapat pada *feed rate* 14mm/menit dengan nilai kekuatan tegangan sebesar 16.2 Mpa dari hasil tegangan awal yang terdapat pada Raw Material HDPE dengan nilai tegangan sebesar 23.9 MPa untuk lebih jelasnya hasil tegangan (*Stress*) pada uji tarik dapat dilihat pada gambar grafik 10.



**Gambar 10** Grafik tegangan (*Stress*) pengelasan FSW pada pengujian tarik

Pada hasil pengujian tarik terdapat kekuatan tegangan seperti pada gambar 10 menunjukkan bahwa nilai kekuatan tegangan pada yang tertinggi pada uji tarik terdapat pada variasi feed rate 14mm/menit dengan nilai sebesar 16.2 MPa, sedangkan untuk hasil kekuatan tegangan terendah terdapat pada variasi 10mm/menit dengan nilai 13.6 MPa. Hasil ini disebabkan karena pada variasi ini terlalu lama saat waktu pengelasan ketika pin tool bergesekan dengan dua benda kerja mengakibatkan banyak celah atau cacat yang terjadi terhadap hasil, sedangkan pada variasi *feed rate* 14mm/menit terlihat sebagai kekuatan tegangan (*Stress*) yang tertinggi karena pada saat waktu pemanasan sangat baik ketika penyambungan pada dua benda kerja berlangsung dan waktu dalam pengujian tarik lebih baik dari semua variasi *feed rate* yang diujikan.

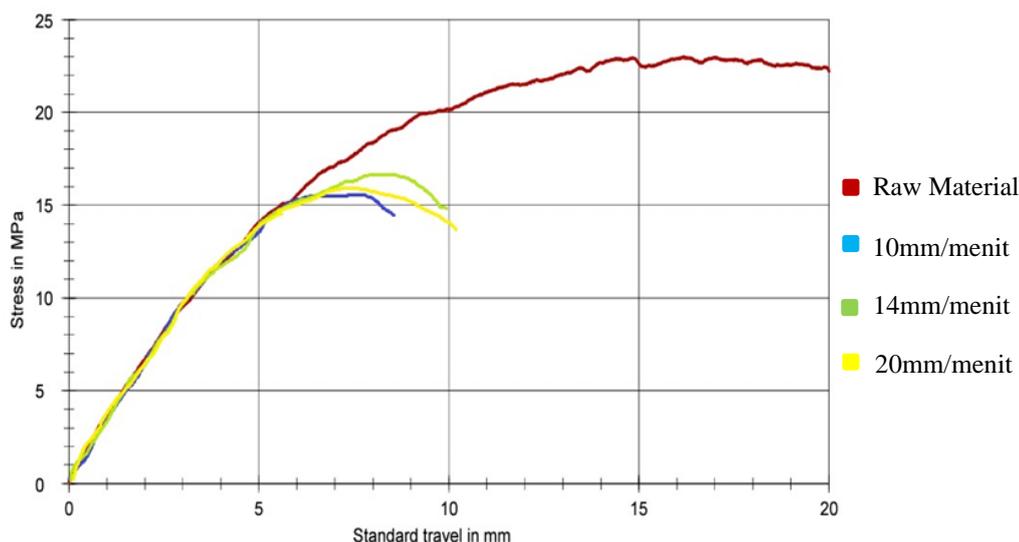


**Gambar 11** Grafik regangan (*Strain*) pengelasan FSW pada pengujian tarik

Pada gambar 11 dapat dilihat bahwa hasil regangan pengujian tarik pada pengelasan FSW dengan material HDPE menunjukkan nilai regangan yang tertinggi terjadi pada variasi *feed rate* 14mm/menit dengan nilai regangan sebesar 7.5% dari nilai kekuatan raw material, sedangkan untuk nilai regangan yang terendah terjadi pada variasi 10mm/menit dengan nilai regangan sebesar 5%. Hasil ini dikarenakan waktu ketika pemanasan pin tool terjadi yang berpengaruh pada nilai regangan terhadap benda kerja, untuk pemanasan pada variasi *feed rate* 10mm/menit hasil pemanasan yang terjadi pada pin tool terhadap benda kerja terlalu lama mengakibatkan pemanasan ketika penyambungan dua buah benda kerja terdapat banyak cacat pada hasil lasan dan terlihat lebih kasar dari setiap variasi karena waktu pengelasan yang terlalu lama berpengaruh pada kekuatan las ketika proses penyambungan sehingga hasilnya kurang baik pada *feed rate* 10mm/menit. Pada hasil *feed rate* 14 mm/menit waktu pemanasan pin tool terhadap benda kerja ketika proses penyambungan terlihat lebih baik dan hasil nilai terhadap regangan pun tertinggi dibandingkan dengan variasi *feed rate* yang ada. Pada penelitian sebelumnya tentang pengaruh pengelasan *friction stir welding* pada polypropylene yang dilakukan oleh Paygadeh, dkk (2011) menjelaskan bahwa pada pengelasan FSW untuk kekuatan yang terjadi pada uji tarik bahwa untuk penambahan kedalaman tool serta waktu pada proses pengelasan akan mengakibatkan suatu bahan atau material meleleh, dan semakin adanya penambahan kedalaman tool pada bahan atau material maka pengadukan pada pengelasan akan optimal dan pemanasan pin tool pada bahan atau material semakin meningkat sehingga mencegah timbulnya cacat pada material yang diujikan.

#### IV. Hasil Pengujian Lentur Bending

Pada penelitian ini setelah melakukan proses penyambungan pada pengelasan FSW dengan material HDPE, selanjutnya dilakukan pengujian bending untuk mengetahui berapa kekuatan lentur yang terjadi pada material HDPE dengan diberi beban tertentu pada saat pengujian bending berlangsung. Untuk pengujian bending pada penelitian ini mencari nilai kekuatan lentur *Root bending* (pada akar pengelasan) menggunakan standar ASTM D 790 (*American Standard Testung and Material*) dengan menggunakan alat pengujian Z020 TN Proline Material Testimh Machine.

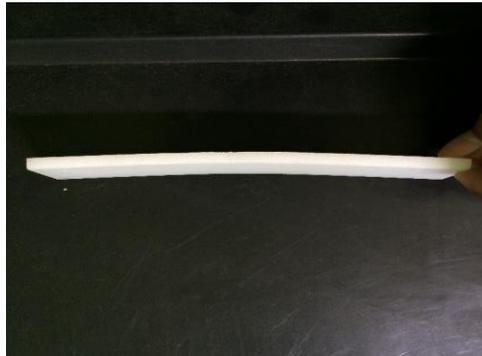


Gambar 12 Kurva nilai kekuatan lentur bending pada setiap variasi *feed rate*

Adapun penjelasan dari kurva nilai kekuatan bending pada setiap variasi sebagai berikut.

- Pada nilai kekuatan bending Raw Material ditunjukkan pada warna merah dengan nilai kekuatan lentur sebesar 25.8 MPa.
- Untuk variasi feed rate 10mm/menit terdapat pada warna biru dengan nilai kekuatan lentur sebesar 15.8 MPa atau 61% dari hasil raw material, hasil ini menunjukkan nilai terendah dari setiap variasi karena karena pemanasan yang terlalu lama pada saat pengelasan mengakibatkan nilai kekuatan berpengaruh pada saat diujikan.
- Pada variasi *feed rate* 14mm/menit yang ditunjukkan pada warna hijau menghasilkan nilai kekuatan lentur sebesar 16.2 MPa atau 63% dari raw material, nilai ini menjadi nilai yang tertinggi pada setiap variasi karena pemanasan yang terjadi saat pengelasan merata sehingga ketiak diberi beban pada uji lentur menghasilkan nilai yang baik.
- Pada variasi feed rate 20mm/menit yang ditunjukkan pada warna kuning dengan hasil kekuatan lentur sebesar 16.1 MPa atau 62% dari kekuatan raw material, hasil ini menunjukkan nilai hampir sama dengan nilai kekuatan lentur pada variasi feed rate 14mm/menit tetapi karena pada saat proses pengelasan pemanasan yang terjadi rendah mengakibatkan ketika diberi beban saat uji lentur hasilnya tidak terlalu baik.

#### 1. Raw material



**Gambar 13** Raw material uji bending

Pada gambar 13 terlihat raw material setelah dilakukan pengujian lentur bending terlihat spesimen terjadi lengkungan setelah dilakukan pembebanan pada uji lengkung spesimen raw material untuk mendapatkan data yang diinginkan menjadi titik awal perbandingan dari hasil semua variasi pada uji bending.

2. 10mm/menit



**Gambar 14** Variasi feed rate 10mm/menit uji bending

Pada gambar 14 hasil lasan dengan variasi feed rate 10mm/menit menunjukkan hasil lasan terlihat mengelupas dan warna pada hasil lasan agak gelap ini disebabkan karena pemanasan pada saat penyambungan terlalu lama dan melebihi kekuatan panas pada material sehingga bisa mengakibatkan material meleleh karena pemanasan yang berlebihan.

3. 14mm/menit



**Gambar 15** Variasi feed rate 14mm/menit uji bending

Pada gambar 15 hasil lasan dengan variasi feed rate 14mm/menit terlihat bergelombang disebabkan karena gesekan pin tool dengan benda kerja mempunyai waktu yang lebih lama dari variasi 10mm/menit pada saat proses penyambungan dan terlihat hasil lasan dapat menyambung dengan merata tidak terlihat adanya rongga yang terdapat pada hasil lasan.

4. 20mm/menit



**Gambar 16** Variasi feed rate 20mm/menit uji bending

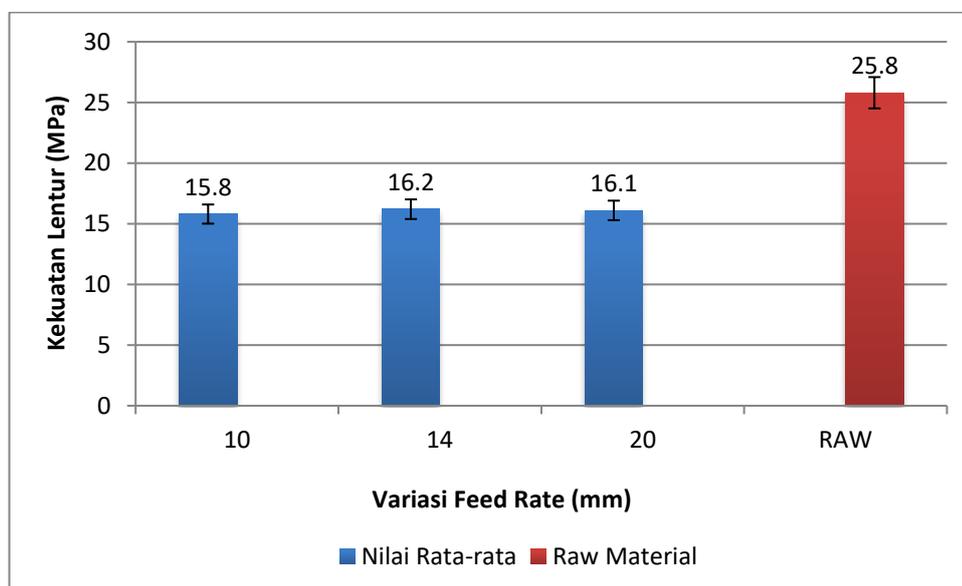
Dilihat dari gambar 16 pada variasi *feed rate* 20mm/menit menunjukkan hasil lasan terlihat adanya rongga pada permukaan lasan, ini disebabkan karena pada variasi feed rate

10mm/menit waktu pada proses pengelasan terlalu cepat sehingga gesekan pin tool terhadap benda kerja tidak merata saat penyambungan berlangsung.

**Tabel 2** Hasil nilai kekuatan lentur pengujian bending pengelasan FSW pada material HDPE

Feed Rate (mm/menit)	Beban Maksimum (kN)	Percobaan		Kekuatan lentur (MPa)
		Ke 1	Ke 2	
10	0.081	15.7	16	15.8 ± 0.021
14	0.085	16.1	16.4	16.2 ± 0.021
20	00.84	15.2	16.9	16.1 ± 1.20
Raw	0.142	25.8	25.8	25.8 ± 0

Pada tabel 2 dapat dilihat hasil dari pengujian bending dengan mencari nilai lentur pada pengelasan FSW dengan material HDPE menunjukkan bahwa nilai kekuatan lentur yang terjadi saat proses uji bending dengan beberapa variasi *feed rate* yang berbeda menghasilkan nilai kekuatan lentur yang tertinggi terdapat pada variasi *feed rate* 14mm/menit, sedangkan untuk nilai kekuatan lentur yang terendah pada variasi *feed rate* 10mm/menit. Hasil ini disebabkan karena pengaruh pemanasan pin tool terhadap benda kerja yang terjadi pada saat proses penyambungan pengelasan FSW berlangsung untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada gambar grafik 17 dibawah ini.



**Gambar 17** Grafik kekuatan lentur pengelasan FSW pada pengujian bending

Hasil kekuatan lentur uji bending pada penelitian ini bisa dilihat pada gambar grafik 17 menunjukkan kekuatan lentur yang tertinggi pengelasan FSW material HDPE terdapat pada variasi *feed rate* 14mm/menit dengan nilai kekuatan lentur sebesar 16.2 MPa, sedangkan untuk nilai kekuatan lentur yang terendah terdapat pada variasi *feed rate* 10mm/menit dengan nilai lentur

sebesar 15.8 MPa. Hasil nilai kekuatan lentur ini terjadi karena pada variasi *feed rate* 10mm/menit ini terjadi waktu pengelasan terlalu lama yang mengakibatkan pemanasan pin tool terhadap benda kerja melenihi kekuatan panas yang bisa diterima oleh benda kerjanya menjadi kekuatan hasil lasan menurun karena pengaruh dari waktu pengelasan yang terlalu lama pada saat penyambungan berlangsung.

Kekuatan hasil pengujian bending akan terjadi peningkatan terhadap kekuatan pada penyambungan, peningkatan ini terjadi karena kenaikan terhadap kecepatan putar tool yang berpengaruh pada kekuatan hasil lasan saat proses penyambungan berlangsung Prabowo H. dkk (2013). Untuk penelitian ini hampir sama kekuatan meningkat ketika waktu pemakanan *feed rate* semakin bertambah, tetapi ketika sudah melewati kekuatan maksimum dari benda kerja akan terjadi penurunan karena pemanasan terhadap benda kerja berpengaruh ketika sudah mencapai titik masimum pada kekuatan material yang diujikan

#### 4. KESIMPULAN

Dengan meneliti serta mengkaji hasil pada penelitian dengan berdasarkan hasil pengujian struktur makro, pengujian tarik, dan pengujian bending pada pengaruh *feed rate* terhadap sifat mekanik pada pengelasan *Friction Stir Welding* bahan polimer *high density polythelene* menngunakan kecepatan putar 900 rpm dengan parameter *feed rate* 10mm/menit, 14mm/menit, dan 20mm/menit. Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Penelitian tentang pengelasan *Friction stir welding* pada material High Density Polythelene (HDPE) dengan variasi *feed rate* telah dilakukan, dari hasil penelitian ini mendapatkan hasil bahwa variasi *feed rate* yang memiliki kekuatan pengelasan tertinggi yaitu pada *feed rate* 14mm/menit, sedangkan untuk *feed rate* yang memiliki nilai kekuatan lasan yang terendah terdapat pada *feed rate* 10mm/menit.
2. Pada pengujian struktur makro penelitian ini menghasilkan gambar visual pada spesimen yang memiliki kerusakan atau cacat yang lebih banyak dibandingkan dengan variasi yang lain terdapat pada variasi *feed rate* 10mm/menit, untuk pengujian tarik kerusakan atau cacat pada material sampai dengan bentuk patahan pada sambungan du buah material, sedangkan pada uji bending terdapat banyak cacat lubang serta mengelupasnya material plastik dari permukaan lasan disebabkan panas yang terjadi pada pin tool dan benda kerja terlalu lama sehingga panas pada lasan melebihi kekuatan panas yang bisa diterima padabenda kerja seperti HDPE.
3. Pada pengujian tarik pengelasan FSW menghasilkan nilai kekuatan tarik yang meliputi nilai tegangan (*Stress*) serta regangan (*Strain*) yang tertinggi terdapat pada variasi 14mm/menit dengan nilai kekuatan tarik tegangan sebesar 16.2 MPa, sedangkan nilai yang terendah sebesar 13.6 MPa yang terdapat pada variasi 10mm/menit. Untuk nilai kekuatan regangan yang tertinggi terdapat pada variasi 14mm/menit dengan nilai sebesar 7.5 % sedangkan nilai yang terendah sebesar 5 % terdapat pada variasi *feed rate* 10mm/menit dari kekuatan raw material.
4. Pada hasil pengujian bending dengan mencari nilai kekuatan lentur pada material HDPE menghasilkan nilai kekutan lentur yang tertinggi terdapat pada variasi *feed rate* 14mm/menit dengan nilai sebesar 16.2 Mpa, sedangkan nilai kekuatan lentur yang terendah terdapat pada variasi *feed rate* 10mm/menit dengan nilai sebesar 15.8 MPa.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Abdul Shaafi Shaikh, M Shamir Tahir, M Kashan Akhtar Qureshi, M Zain-ul-abdein, Fazal A. K. (2012). Experimental Investigation of Mechanical Properties of Friction Stir Welded HDPE With Additions of Silicon Carbide, Silica, Nano-Alumina, and Graphite.
- Bilici. K.M., Kurt B., Kurt H. (2017). Friction Stir Welded of High Density Polyethylene Sheets Jurnal of Scientific and Engineering Research, 4 (9):363-370.
- Ebtisam F., Gwad A., Omar M.A., Readwan E.A., (2015). Loadability of Friction Stir Welded Joint of High Density Polyethylene.
- Eslami S., Ramos T., Tavares P.J., and Moreira P.M.G.P., (2015). Shoulder design developments for FSW lap joints of dissimilar polymers *Jmp-379:No.9*
- Kiss Z., Czigan T. 2007. Applicability of Friction Stir Welding in Polymeric Materials. *Per. Pol. Mech. Eng.*, 51 : 15 – 18.
- Mishra RS, Ma ZY. 2005. Friction Stir Welding and Processing. *Material Science and Engineering*, 50 : 1 – 78.
- Payganeh GH, Mostafa A, Dadgar A, Ghasemi F, Saedi BM. 2011. Effects of Friction Stir Welding Process Parameters on Appearance and Strength of Polypropylene Composite Welds. *International Journal of Physical Sciences*, 6 : 4595 – 4601.
- Prabowo H., Triyono dan Kursharjanta B. (2013). Pengaruh Kecepatan Putar Tool dan Pemanasan Tambahan Terhadap Kekuatan Mekanik Polypropylene Hasil Las Friction Stir Welding Vol.12, No.1
- Rezqui M.A., Trabelsi A.C., Ayadic M. and Hamrouni K. (2011). Optimazition of Friction Stir Welding Process of High Density Polyethylene. Vol 2.
- Sahu K.S., Mishra D., Mahto R.P., Pal S. K., and Pal Kamal. (2016). Friction Stir Welding of HDPE Sheets A Study on the Effect of Rotational Speed.
- Setiawan A, Irawan YS, Purnowidodo A. 2011. Pengaruh Temperatur Pelat Landasan Selama Proses Friction Stir Welding Terhadap Kekuatan Tarik Sambungan Las Lembaran *HDPE*. *Jurnal Rekayasa Mesin* Vol.2, No. 3 232- 240.
- Triyono , Nugroho B dan Muhayat N. (2015). Pengaruh Plunge Depth dan Preheat Terhadap Sifat Mekanik Sambungan Friction Stir Welding Polyamide.
- Wijayanto, dan Anelis . A (2010). Pengaruh Feed Rate Terhadap Sifat Mekanik Pada Pengelasan Friction Stir Welding Aluminium 6110 *Jurnal Kompetensi Teknik* Vol.2, No.1.

